

## **CARLOS MURILLO FORT**

### **Modelos con indicadores y causas múltiples en la estimación de la demanda de salud y de la asistencia sanitaria.**

---

El objeto del presente trabajo es el de plantear algunos de los aspectos conceptuales en la especificación de un modelo que relacione la demanda de asistencia sanitaria con el nivel del estado de salud en los individuos y con otros factores relevantes. La variable salud es no observable directamente y en consecuencia se especifican ecuaciones de causas y de indicadores de su comportamiento. Los apartados 1 y 2 se ocupan del marco general del problema. En el apartado 3 se ilustran las posibilidades de modelización en el ámbito de los modelos de causas e indicadores múltiples que incorporan relaciones simultáneas entre las variables endógenas. La reciente historia de la utilización del análisis económico en la planificación del sistema sanitario ofrece enormes posibilidades. Los dos últimos apartados se dedican a la reseña de los aspectos fundamentales del proceso de la especificación de un modelo econométrico y a la realización de una breve síntesis de la discusión efectuada. Con ello se establecen las bases para el diseño de un modelo aplicado cuyo objetivo sea analizar las relaciones existentes entre los mecanismos que determinan la evolución de la demanda asistencial y la demanda (o producción) de la salud.

#### **1. INTRODUCCION**

En los últimos años han venido desarrollándose investigaciones acerca de modelos econométricos con objeto de explicar las relaciones de comportamiento existentes entre ciertas magnitudes de naturaleza puramente económica y algunos conceptos utilizados como factores relevantes en los sistemas de planificación sanitaria. Existe un creciente

interés por el estudio de los modelos de planificación y gestión del sistema sanitario, de sus unidades concretas —hospitales— así como de las relaciones entre ciertas características individuales y colectivas con respecto a indicadores de salud y bienestar, todo ello desde la perspectiva del análisis económico.

Una primera dificultad aparece como consecuencia de la concepción misma de los fundamentos de la dinámica del comportamiento. En efecto, los enfoques más clásicos atribuirán el origen de la necesidad a los desequilibrios del organismo lo que implica una cadena de acciones conducentes a intentos de restablecimiento de la situación de equilibrio inicial. Alternativamente, puede considerarse que el organismo está dotado de algún tipo de resortes que hacen que espontáneamente se ponga en funcionamiento una actividad determinada con aquél fin, en cuyo caso la necesidad no actúa más que como elemento para asegurar el propósito final de dichas actividades. Dicho de otro modo, ¿debemos hablar en propiedad de “necesidad de cuidados o acciones” o, por el contrario, será mejor hablar de “necesidad de un estado de salud general”?. En cualquier caso nos interesa remarcar aquí que, independientemente de cual vaya a ser en definitiva la noción de necesidad que se tome en consideración, todo análisis económico va a exigir un proceso de valoración de los factores determinantes de la necesidad, de su coste y del rendimiento que derive de las acciones emprendidas.

Adicionalmente, los recursos empleados en el intento de dar satisfacción a las necesidades expresadas y manifestadas (no siempre los resultados van a contemplar un final feliz) cabe entenderlos como dotados de un valor de “utilidad” —como consecuencia de su consumo inmediato— o de un valor “trabajo” —desde la perspectiva del proceso de producción implícito—, lo que caracteriza de forma distinta los aspectos cuantitativos del problema.

Por otra parte, la exigencia de proceder a la medición de todos los factores que intervienen en el proceso descrito plantea un nuevo tipo de problemas derivados de la naturaleza de aquellas variables que no son directamente observables o medibles, y de aquellas otras cuya expresión en términos monetarios resulta extremadamente difícil. En este trabajo consideraremos los rasgos principales de los elementos que intervienen, presumiblemente, en la modelización con objeto de llevar a cabo un análisis cuantitativo cuya finalidad sea tanto la de contrastar empíricamente los supuestos teóricos, como la de predecir comportamientos en el futuro. En cualquier caso la problemática de base va a resultar de unas características similares.

Para ilustrar la discusión enunciada haremos un breve recorrido por algunos de los principales ensayos efectuados para estudiar el comportamiento de la demanda de salud o, más concretamente, la que se re-

fiere a la demanda de salud o más concretamente, la que se refiere a la demanda de asistencia y cuidados sanitarios expresados en modelos con variables no observables. Con ello pretendemos mostrar las principales dificultades en el tratamiento empírico, a la vez que se apuntan las posibilidades de esta línea de investigación aplicada cuyas características pueden extrapolarse fácilmente a otras áreas de servicios públicos personales, como los servicios sociales, etc.

## 2. NECESIDAD, DEMANDA Y PRODUCCION

Hemos visto cómo, a grandes rasgos, los conceptos de necesidad y demanda están conectados entre sí. Tal como pone de relieve GROSSMAN (1972) la demanda de cuidados y asistencia sanitaria es la expresión de una cierta necesidad de salud. Dicha demanda se hace efectiva ya sea por motivos de "consumo" como por razones de pura "inversión". En el primer caso, la demanda trata de acercarnos a situaciones de equilibrio evitando con ello una "desutilidad" como consecuencia del estado deficitario de salud. Del lado inversor, la demanda nos permite maximizar el tiempo neto disponible para cualquier tipo de actividad productiva y de ocio. El interés del análisis de la demanda puede enfocarse de formas distintas. En primer lugar, hemos de reseñar que, de acuerdo con el tipo de servicio que estamos considerando, el papel de la oferta —y en especial del lado de la oferta pública— es de tal magnitud que el estudio de la naturaleza y características de la demanda se hace una cuestión previa inaplazable por su incidencia en la determinación de aquélla. Por otro lado, el volumen de recursos que se precisa para satisfacer la demanda hace que el peso específico del sector, en relación al global nacional, sea muy importante. En consecuencia cualquier política de financiación del gasto público deberá contar con algún tipo de explicación acerca de los mecanismos que generan, condicionan y alteran dicha demanda.

El análisis económico proporciona instrumentos válidos para la evaluación de las entradas y salidas en el sector de referencia. La política sanitaria fijará inevitablemente sus objetivos ya sean en términos de incremento de la situación de bienestar —salud— de la comunidad, sea en forma de una mayor incidencia en los aspectos preventivos de la enfermedad, etc. En cualquier caso una política debe establecer sus objetivos y sus prioridades en base al conocimiento de los recursos y de sus limitaciones de manera que, para un horizonte temporal determinado, se optimice la asignación de recursos en la medida que logra satisfacer aquellos objetivos. No es ningún propósito descabellado establecer una cierta analogía entre tal esquema y la teoría de la producción sobrada-

mente utilizada en economía. Más concretamente, esta analogía es aplicable a los distintos niveles de actuación: la "unidad empresarial" en el modelo económico es la institución —pública o privada— que constituye el centro de gravedad del sistema de servicios; la "planta" es nuestra unidad asistencial por excelencia: el centro hospitalario, y, finalmente, la "unidad de producción" lo constituyen los individuos en tanto que se produce en ellos una modificación de su estado de salud. El objetivo final puede hacerse extensivo a la mejora en otras condiciones que no únicamente las de tipo físico o psíquico. En efecto, la eliminación de posiciones diferenciales con respecto al entorno social de la persona pueden también tener cabida como "resultados" del proceso de producción descrito.

En un modelo de este tipo existen distintos factores que lo caracterizan. A este respecto KNAPP (1982) analiza los cuatro factores básicos que concretan las entradas y salidas de un modelo de producción de asistencia en los servicios sociales cuya ampliación al caso que nos ocupa es inmediata. Distingue, por una parte, entre las entradas de recursos y de "no-recursos": en la primera categoría se inscriben los factores productivos típicos, es decir, el capital físico, personal, materias primas, provisiones y otros bienes consumibles; en los que califica como no-recursos incluye aquellos recursos que no son físicos ni tangibles y que constituyen factores determinantes de especial relevancia como, por ejemplo, las características del entorno social y ambiental y que, por supuesto, presentan unos costes de oportunidad cuya evaluación es de gran interés para el investigador.

Por lo que se refiere a las salidas Knapp distingue entre el rendimiento final y el rendimiento intermedio. El resultado final, propiamente dicho, se manifiesta en modificaciones en la situación del bienestar del individuo. Insistamos una vez más en que dicha mejora puede referirse tanto a los aspectos objetivos de la misma como a cuestiones meramente subjetivas. En todo caso dicho rendimiento final mide el "éxito" de la unidad empresarial y de la planta, es decir del organismo que tiene la responsabilidad sobre la unidad hospitalaria o de otro tipo y que tiene a su cargo el proceso de producción de los resultados. Los rendimientos finales son de difícil cuantificación y en situaciones en las que es operativamente delicado disponer de información acerca de dichos resultados suele trabajarse, interinamente, con las valoraciones del rendimiento intermedio. Con este término reconoceremos los efectos sobre los propios servicios en cuanto a su capacidad, nivel de utilización, régimen de funcionamiento, entre otros.

En síntesis, desde la perspectiva del análisis de la demanda estaremos en condiciones de estudiar los elementos que inciden sobre su evolución y, en todo caso, tener elementos de juicio para aconsejar cambios



de orientación y mejorar el grado de satisfacción de la misma. Su conexión con la determinación de la oferta de servicios y las fuentes de su financiación completan el circuito elemental del análisis. Paralelamente a este enfoque cabe añadir que para el individuo se presentan distintas vías para alcanzar su objetivo de minoración de su déficit de salud. Posee una cierta función de utilidad que debe maximizar y ante sí existen distintas opciones: la cuestión puede plantearse, evidentemente, como un proceso de elección discreta multinomial. No consideraremos aquí esta línea de investigación y nos centraremos en la primera ya esbozada con anterioridad. Por el lado de la teoría de la producción estaremos en condiciones de analizar cuestiones tales como la posibilidad y efecto de distintas relaciones de sustituibilidad de los recursos (y de los no recursos), la efectividad y el éxito de las unidades "productivas", los efectos que sobre los rendimientos finales tienen alteraciones en el comportamiento de los factores de entrada en el proceso, o la valoración de la capacidad del sector público frente al privado como cauce complementario o suplementario en la oferta de los servicios (o de determinados servicios).

### 3. EL MODELO DE ROBINSON Y FERRARA

Robinson y Ferrara (1977) presentan una interesante utilización aplicada de un modelo con variables no observables en el campo de la economía de la salud. Su intención, con ser meramente la de mostrar las posibilidades de los modelos que teóricamente analizan los propios autores, no deja de ser significativa por varias razones: en primer lugar, en la medida que constituye un avance en una dirección de la investigación econométrica que ofrece innumerables ventajas, tal como tendremos ocasión de justificar en lo que sigue. En segundo lugar, por cuanto desde una óptica de especificación teórica presentan una ampliación de los modelos de Zellner y Goldberger, que completaban el clásico modelo de errores en las variables con ecuaciones de "causas" generadoras del factor latente no observable (\*). Por último, por el nivel del análisis en la intención de servir un instrumento para la comparación de áreas geográficas en relación a un factor de interés político.

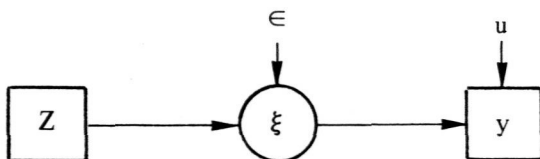
La originalidad en los modelos de Robinson y Ferrara se concreta en la especificación de "causas" que son de naturaleza endógena, en lugar del carácter exógeno habitual en los trabajos de Zellner y de Goldberger. Robinson y Ferrara discuten asimismo las implicaciones de esta extensión en cuanto a la identificación de los parámetros. Sus dos modelos (en realidad son tres pero presentan, por razones de conveniencia de los resultados, únicamente dos de ellos) conectan la variable no ob-

servable salud ( $\xi$ ) con cinco variables (económicas y no económicas) a nivel agregado y para los 50 estados de EE.UU. en 1969. Esto permitiría —en palabras de los propios autores— (pág. 138): “aumentar el valor potencial de la asignación de los recursos y la evaluación de los programas sanitarios”. Las cinco variables utilizadas como causas o como indicadores del comportamiento de aquél factor latente son: la tasa de mortalidad (D), la tasa de enfermedades de declaración obligada (S), la tasa de desempleo (U), la renta personal per cápita (Y) y el gasto en sanidad per cápita (E). El modelo genérico es de la forma:

$$y_{gt} = \beta_g \xi_t + u_{gt}$$

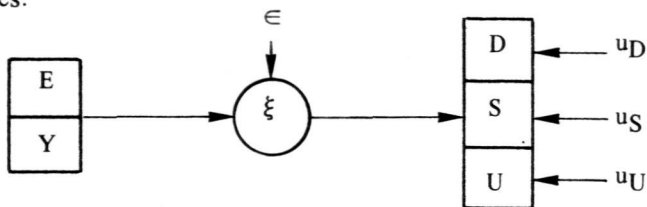
$$\xi_t = \alpha_1 z_{1t} + \alpha_2 z_{2t} + \dots + \alpha_K z_{Kt} + \epsilon_t$$

para  $g = 1 \dots G$  indicadores, y  $t = 1 \dots 50$  estados; siendo  $y_1 \dots y_G$  las variables “indicadores”,  $z_1 \dots z_K$  las variables “causa” y  $\xi$  el factor latente no observable, sa.ud. Cada ecuación es estocástica, definiéndose además las perturbaciones aleatorias  $u_{gt}$  y  $\epsilon_t$ . El esquema siguiente permite contemplar de forma sencilla la conexión entre las ecuaciones de indicadores y de causas de  $\xi$ .



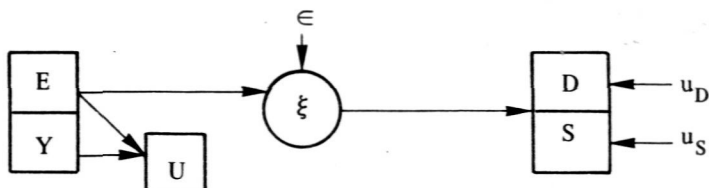
Los dos modelos presentados por Robinson y Ferrara se diferencian en el trato de la variable desempleo (U) que en el primer modelo actúa como indicador y es por lo tanto una variable endógena cuya variabilidad viene explicada por la esencia del comportamiento del factor no observable, en tanto que en el modelo segundo se utiliza como causa de la variación en la salud, aunque conservando su carácter endógeno. Ambos modelos están representados de forma simbólica en los esquemas siguientes:

#### MODELO I



parámetros a estimar:  $\beta_1, \beta_2$  y  $\beta_3$ ;  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ ; además de la varianza de las perturbaciones en las tres ecuaciones de indicadores y la varianza de la perturbación en la ecuación de causas.

**MODELO II**



parámetros a estimar:  $\beta_1$  y  $\beta_2$ ;  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ ; además de las varianzas de las perturbaciones de las dos ecuaciones de indicadores y la varianza de la perturbación en la ecuación de causas.

La estimación se realiza en base a la propuesta del propio Robinson (1974) que sugiere un procedimiento similar al del análisis de correlaciones canónicas como forma de solución de la forma reducida que es un sistema no lineal. Bajo la hipótesis de no correlación en las perturbaciones y entre ellas, los estimadores —si el modelo está exactamente identificado como en el caso que nos ocupa— son eficientes a nivel asintótico. Los resultados de la estimación proporcionan las siguientes ecuaciones:

**Modelo I:**

$$\hat{D}_t = -0.1776 \xi_t \\ (0.53)$$

$$\hat{S}_t = 0.1013 \xi_t \\ (0.048)$$

$$\hat{U}_t = -0.8315 \xi_t \\ (0.275)$$

$$\hat{\xi}_t = -0.0160 E_t + 0.0079 Y_t \\ (0.0077) \quad (0.0033)$$

**Modelo II:**

$$\hat{D}_t = -0.7221 \xi_t \\ (0.56)$$

$$\hat{S}_t = 0.1383 \xi_t \\ (0.04)$$

$$\hat{\xi}_t = \frac{0.0165}{(0.0087)} E_t - \frac{1.0975}{(0.6003)} U_t$$

Los resultados permiten apreciar sensibles variaciones. Además pueden observarse signos no esperados (en los parámetros que afectan las ecuaciones en las que S es indicador) lo que aconseja no tomar el ejemplo de forma distinta a sus propósitos iniciales en la forma que ya apuntábamos. Posiblemente el peso del error en la especificación por la ausencia de factores relevantes (características demográficas, de entorno, etc.) es demasiado importante como para que las comparaciones entre estados, a nivel del estado de salud de su colectividad, pueda interpretarse directamente a partir del modelo de Robinson y Ferrara. Esto reafirma su interés en cuanto constituye una primera aproximación empírica en el área de aplicación que nos interesa abordar.

#### 4. MODELOS DE INDICADORES Y CAUSAS MÚLTIPLES Y ECUACIONES DE DEMANDA DE SALUD

En ensayo de Robinson y Ferrara ha tenido su continuación en el ámbito de la modelización en términos de relaciones entre variables no observables y causas e indicadores de estos factores latentes junto con la incorporación de ecuaciones de demanda o funciones de producción de salud. Sin embargo, nos interesa destacar para nuestros propósitos más inmediatos aquellos modelos en los que dichas funciones se explicitan como tales. En el caso del modelo de Robinson y Ferrara hemos expuesto con cierto detenimiento la especificación del modelo y los resultados de la estimación. El objetivo no era otro que el de reconocer un trabajo pionero y permitir a su vez una cierta familiarización con la notación y representación más habitual en la literatura especializada.

En lo que sigue a continuación no haremos sino recoger las características principales de los modelos que han seguido la dirección apuntada más arriba, es decir la formulación de modelos de indicadores y causas múltiples (modelos M.I.M.I.C.) con ecuaciones adicionales de demanda o producción, con objeto de proceder al análisis estructural y la contrastación empírica de supuestos teóricos más que a la proyección de valores como en el caso del modelo de Robinson y Ferrara (lo que no excluye que también puedan utilizarse con finalidad predictiva).

Dichos modelos, a los que ahora nos referiremos, centran su atención en la salud como elemento clave del sistema. Dicha variable es no observable y admite distintas formas de indicación según se trate de ni-

veles individuales o agregados. Dejaremos los problemas de información estadística para más adelante y nos referiremos a las cuestiones relativas a la especificación de un modelo de las características apuntadas.

Habíamos visto como los resultados de un proceso de combinación de recursos y no recursos para la satisfacción de las necesidades de salud podía expresarse a través de sus "rendimientos finales" o de sus "rendimientos intermedios". En el primer caso, estaremos interesados en medidas que reflejen el grado de satisfacción de los objetivos desde el punto de vista de los individuos ("clientes") en el sistema. En el segundo caso, expresaremos los rendimientos en forma del grado en el que las unidades de decisión y de acción logran aproximar los objetivos planteados, es decir que nos referiríamos a los aspectos que tienen que ver con los propios servicios en lugar de contabilizar los efectos sobre los individuos.

Distinguiremos dos niveles de complejidad en el análisis. De un lado distinguiremos los modelos que operan con un único factor latente —la salud, o mejor dicho el nivel deseado de salud— y sin especificar relaciones de simultaneidad entre las variables endógenas. Por otro lado, discutiremos el alcance de una especificación que refleje las interdependencias entre variables endógenas que pueden referirse, además, a más de un factor latente no observable.

El primer tipo de modelos se concreta en el siguiente sistema de ecuaciones:

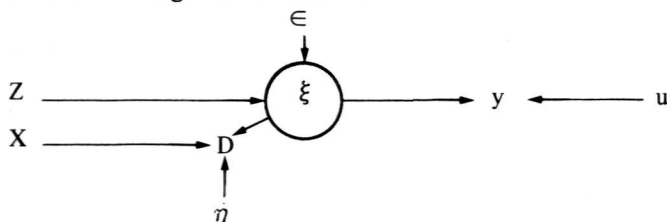
$$y_{gt} = \beta_g \xi_t + u_{gt} \quad g = 1 \dots G$$

$$\xi_t = \alpha_1 z_{1t} + \dots + \alpha_K z_{Kt} + \epsilon_t$$

$$D_t = \gamma_0 \xi_t + \gamma_1 X_{1t} + \dots + \gamma_M X_{Mt} + \eta_t \quad t = 1 \dots T$$

Las primeras  $G$  ecuaciones son las relaciones entre el factor no observable y los indicadores, la siguiente ecuación es la relación entre las causas y el valor no observable del factor latente. En este caso, pues, estamos suponiendo la posibilidad de aproximar la noción de salud por alguna medida unidimensional —no observable— que se conecta con causas múltiples y varios indicadores observables, tal como ya presentaban Robinson y Ferrara. Esta ecuación de causas se interpreta aquí como una función de producción o una ecuación de demanda de salud en la medida que decimos que el nivel deseado de salud viene determinado por una serie de factores relevantes que pueden tomar la forma de características individuales o familiares de los "clientes" o, adicionalmente, otras variables explicativas que son observables.

Finalmente, el tercer tipo de relación incluida en el modelo es una ecuación de demanda de asistencia sanitaria en la que aparecen como variables explicativas el nivel de salud deseado así como otras variables explicativas que coinciden parcialmente con las causas de la función de producción o ecuación de demanda de salud. En forma esquemática el modelo presentaría las siguientes relaciones:



en tanto que la representación más condensada del modelo sería:

$$y_t = \beta \xi_t + u_t$$

$$\xi_t = z_t' \alpha + \epsilon_t$$

$$D_t = \gamma_0 \xi_t + x_t' \gamma + \eta_t \quad t = 1 \dots T$$

en la que  $y_t$  y  $u_t$  son vectores  $G \times 1$  de variables (indicadores y términos de perturbación en las ecuaciones);  $z_t$  es un vector  $K \times 1$  de variables causas;  $x_t$  es un vector  $M \times 1$  de variables explicativas de la demanda de asistencia ( $D_t$ ) que, como  $\epsilon_t$ ,  $\eta_t$  y  $\xi_t$ , son escalares que representan los valores del factor latente —salud— y las perturbaciones en la ecuación de demanda de salud y de asistencia.

Los parámetros a estimar están incluidos en el vector  $\beta$  de orden  $G \times 1$ , el vector  $\alpha$  de orden  $K \times 1$ , el vector  $M \times 1$   $\gamma$  y el parámetro  $\gamma_0$ . Finalmente podemos escribir las relaciones globales para todos los individuos (o elementos en la muestra,  $t = 1 \dots T$ ) en la forma:

$$Y = \xi \beta' + u$$

$$\xi = Z \alpha + \epsilon$$

$$D = X \gamma + \xi \gamma_0 + \eta$$

en donde ahora  $Y$  es una matriz  $T \times G$ , al igual que  $u$ ;  $Z$  es  $T \times K$  y  $X$  es  $T \times M$ , mientras que  $\xi$ ,  $\epsilon$ ,  $D$  y  $\eta$  son vectores  $T \times 1$ . Aquellas matrices se han formado sin más que incluir en cada una de sus filas las observaciones correspondientes al mismo  $t$  para las distintas variables que incluyen en su definición.

Hooijmans y Van de Ven (1982) presentan un modelo MIMIC que proporciona un indicador del estado de salud caracterizado por sus causas e indicadores. Dicho modelo es comparado con una formulación más clásica en la que el índice de salud (que no indicador) se construye a partir de una suma ponderada de distintos indicadores de salud, en la que los pesos se determinan exógenamente a partir de información subjetiva (por el método Delphi, por ejemplo). De hecho son dos modelos formalmente análogos que se utilizan para analizar comportamientos acerca de las facilidades de asistencia y cuidados para el incremento y mantenimiento de la salud como indicador del nivel de salud deseado o bien, de forma alternativa, utilizando los subsidios y prestaciones por enfermedad. Wolfe y Van der Gaag (1981) presentan un modelo del mismo tipo para la estimación de ecuaciones de demanda de salud referidos a la población infantil. Sus estudios se completan en un trabajo posterior —Van der Gaag y Wolfe (1982)— en el que lo hacen extensivo al área de la ancianidad. Dichos autores estudian la importancia de la salud como determinante de la demanda de asistencia médica así como la influencia de los factores relacionados por el lado de la demanda sobre el nivel de salud deseado. Adicionalmente investigan también los efectos de la inclusión o de la omisión de la variable no observable en la ecuación de demanda, lo que realizan a través de estudiar la sensibilidad de las estimaciones cuando no se incluye la variable salud o, por el contrario, se incorpora en la ecuación vía algunas alternativas de definición del factor latente. Para la demanda utilizan diversas definiciones alternativas tales como el número de consultas internas, externas y domiciliarias, número de estancias, etc. Para los autores la especificación de una ecuación de producción de la salud debe contemplarse como un primer ensayo para mostrar el impacto de las variables de tipo socioeconómico sobre las medidas de salud más utilizadas, haciendo abstracción, por el momento, de la explicitación de los fundamentos de la teoría de la empresa en el modelo.

LEU y otros (1982) ponen de manifiesto las debilidades de modelo en tanto no se concrete la naturaleza de la ecuación de causas como relación de producción o de demanda, sin embargo las implicaciones de tal decisión condicionan la interpretación del significado de los parámetros incluidos en el vector  $\alpha$  en la ecuación de causas, pero se mantiene la validez formal del modelo en su conjunto independientemente de aquel problema. En su trabajo dichos autores concretan la especificación del modelo con objeto de analizar los efectos que el control de ciertas variables en el modelo (precios, facilidades asistenciales, renta, preferencias. . .) tiene sobre la mejora de la calidad de vida.

En cualquier caso todos estos modelos tienen su origen en los trabajos de Robinson y Ferrara y en la investigación de Van de Ven y Van

der Gaag (1979) que incorporan por primera vez datos individuales para la estimación de modelos MIMIC para estudiar la demanda de asistencia y cuidados sanitarios. La mayoría de los modelos mencionados incorporan ligeras variantes que en definitiva tratan de matizar la naturaleza exógena de las variables incluídas como causas del factor latente y de las explicativas de la demanda  $D_t$ . En otros modelos las ecuaciones de indicadores incorporan otras variables adicionales además de la no observable. Dichas variables pueden coincidir parcialmente con las variables independientes en las otras ecuaciones del modelo MIMIC. En general se trataría de considerar la posibilidad de una especificación del tipo siguiente:

$$y_{gt} = \beta_g \xi_t + u_t$$

$$\xi_t = z_t^{(1)'} \alpha^{(1)} + z_t^{(2)'} \alpha^{(2)} + \epsilon_t$$

$$D_{ht} = \gamma_{ho} \xi_t + x_t^{(1)'} \gamma_h^{(1)} + x_t^{(2)'} \gamma_h^{(2)} + \eta_{ht}$$

para  $g = 1 \dots G$ ;  $h = 1 \dots H$  y  $t = 1 \dots T$ , en todos los casos, en donde, por ejemplo,

$$x_t^{(2)} \equiv z_t^{(2)}$$

En otras ocasiones —como por ejemplo, en el modelo de Hoojmans y Van de Ven (1982)— el modelo no incluye más que las ecuaciones de indicadores y de causas pero el comportamiento de los indicadores viene expresado en términos de la variable no observable así como de otras características —demográficas, socio-económicas, . . . — de los individuos en la población.

Nótese que una especificación del tipo apuntado permite contemplar la existencia de dos clases de variables: de un lado, unas variables exógenas que influyen en el comportamiento de la demanda de asistencia de forma directa (las variables incluídas en  $x^{(1)}$ ), mientras que por otro lado existen otras variables que tienen efectos directos sobre dicha demanda y, a la vez, presentan influencias indirectas a través de la ecuación de causas y de las variables no observable (las variables incluídas en  $z^{(2)}$ ). Adicionalmente, existen causas (las variables incluídas en  $z^{(1)}$ ) que sólo aparecen como explicativas de la variable no observable.

La segunda vía de aproximación al análisis de ecuaciones para la demanda de salud y de asistencia sanitaria la constituyen los modelos



que incluyen relaciones simultáneas entre el factor latente y otras magnitudes que, generalmente, son de naturaleza económica. Los trabajos de Lee (1979) y Van de Ven y Van der Gaag (1979) constituyen dos claros ejemplos de modelos enteramente simultáneos. Las primeras versiones de sus investigaciones se concretan en dos publicaciones posteriores: Lee (1982) y Van de Ven y Van der Gaag (1982).

El trabajo de Van de Ven y Van der Gaag incluye relaciones simultáneas entre la salud y la calidad de vida, por un lado, y entre la asistencia sanitaria, la salud y los gastos en seguros de asistencia sanitaria, por el otro. La variable renta permanente actúa como variable "proxy" de la calidad de vida y es también una variable no observable. Así, pues, el modelo tiene como variables endógenas la salud, renta familiar, seguros y una variable de necesidad manifestada a través del número de días de enfermedad por período de tiempo, y que en conjunto determinan el comportamiento de las variables de demanda de asistencia sanitaria que aparecen en el modelo (incluye seis variables de este tipo). La estimación de los parámetros se efectúa por Máxima verosimilitud a partir de datos correspondientes a una muestra efectuada en Holanda en 8.000 familias.

Por su parte el modelo de Lee es a la vez una generalización de los modelos de ecuaciones simultáneas con variables ficticias y de los modelos con errores en las variables, a la vez que plantea cuestiones relativas al proceso de elección discreta de los individuos en el sistema sanitario. La simultaneidad se refiere a las variables salud y salarios concretándose en dos ecuaciones estructurales que se complementan con dos ecuaciones de errores en la medida. La originalidad del enfoque de Lee estriba en la introducción de indicadores que no son variables continuas y en el planteamiento de un contraste para evaluar la posible incompatibilidad entre distintos indicadores de la salud. En su modelo, Lee presenta dos tipos de indicadores: uno se relaciona con la propia opinión del interesado que califica su estado de salud de excelente, buena, débil o pobre en relación a los demás individuos de su misma edad. El otro indicador utilizado es uno relacionado con las limitaciones presentadas como consecuencia de estados de no normalidad. En ambos casos, tal como apuntábamos, la expresión del indicador es en términos de modelización discreta. Haciendo  $y_1$ : salarios,  $y_2$ : salud (ambas no observables),  $x_1$  y  $x_2$  vectores de exógenas, resulta:

$$y_{1t} + b_{12} y_{2t} = x'_{1t} \zeta_1 + u_{1t}$$

$$b_{21} y_{1t} + y_{2t} = x'_{2t} \zeta_2 + u_{2t}$$

$$\text{con, } z_{1t} = d_1 y_{2t} + \epsilon_{1t}$$

$$z_{2t} = d_2 y_{2t} + a_2 + \epsilon_{2t} \quad t = 1 \dots T$$

con,  $z_1$  y  $z_2$  los valores observados de salarios y salud.

Para las variables no observables se dispone de indicadores discretos que se relacionan con aquéllas en la forma siguiente: sea  $I_j$  el indicador policotómico disponible para el que se cumple que,

$$I_j = 1 \quad \text{si} \quad z_j < 0$$

$$I_j = 2 \quad \text{si} \quad 0 \leq z_j \leq \mu_{1j}$$

$$\dots \dots$$

$$I_j = K_j \quad \text{si} \quad \mu_{K_j - 2j} \leq z_j < \infty$$

en donde  $\mu_{sj}$  (para  $s = 1 \dots K_j - 2$ ) son coeficientes desconocidos. Después de la aplicación de un criterio de normalización —para facilitar la identificabilidad de los parámetros— las ecuaciones de medida pueden escribirse en la forma:

$$z_j = a_j^* + d_j^* y^* + \epsilon_j^*$$

quedando el indicador determinado como,

$$I_j = 1 \quad \text{si} \quad z_j^* < 0$$

$$I_j = 2 \quad \text{si} \quad 0 \leq z_j^* \leq \mu_{1j}$$

$$\dots \dots$$

$$I_j = K_j \quad \text{si} \quad \mu_{K_j - 2, j} \leq z_j^*$$

en donde ahora todos los términos con asterisco provienen de la reparametrización efectuada en base a la normalización exigida. Para la estimación del modelo Lee evita las complicaciones computacionales que comporta la estimación máximo-verosímil y sugiere un procedimiento derivado de la aplicación del principio de mínimo de  $\chi^2$ , que resulta semejante al método utilizado por Heckman (1978) a partir de la suge-

rencia de Amemiya (1978).

El contraste de la hipótesis de compatibilidad de las ecuaciones de medida —es decir de los distintos indicadores propuestos— se realiza a partir de la formulación de la hipótesis nula,

$$H_0: \omega = h(\eta)$$

en donde la ecuación anterior describe las restricciones en los parámetros de la forma reducida,  $\eta$ . El estadístico,

$$N (\hat{\omega} - \omega^*)' W^{-1} (\hat{\omega} - \omega^*)$$

se distribuye asintóticamente según una  $\chi^2$  con  $q-p$  grados de libertad ( $q$  es la dimensión del vector  $\omega$  y  $p$  el número de parámetros libres en  $\eta$ ).  $\hat{\omega}$  representa la estimación no restringida en tanto que  $\omega^* = h(\eta)$  es la estimación restringida de  $\omega$  como consecuencia de la utilización del estimador  $\hat{\eta}$  derivado en una segunda etapa en el proceso de estimación, y siendo  $W$  la matriz de covarianzas.

## 5. ALGUNOS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ESPECIFICACION DE LAS VARIABLES

Los modelos que hemos venido comentando presentan ciertas características comunes a la vez que plantean formas alternativas en el proceso de medición de las variables incluidas en las ecuaciones, en especial aquellas que se refieren a la explicación del comportamiento de la demanda de salud. En este apartado apuntaremos algunos de los problemas derivados de la especificación de las variables así como del tratamiento estadístico y la disponibilidad de la información.

Por lo que respecta al factor latente definido como “salud”, existe una imposibilidad real de llevar a cabo su medición de manera directa lo que implica la adopción de criterios que posibiliten su aproximación mediante el uso de indicadores. Estas variables observables se refieren tanto a situaciones de comportamiento individual como colectivo. En el primero de los casos el tipo de indicadores utilizado suelen expresar la existencia de algún impedimento para el desarrollo normal de la actividad personal como consecuencia de deficiencias en el estado físico o mental de los individuos. La recogida de la información se realiza mediante encuestas individuales en las que se contabilizan los tipos de distorsión más habituales. Alternativamente, un indicador indirecto lo constituye las valoraciones efectuadas acerca del número de días de duración de la enfermedad o el número de días en cama. En otras ocasio-

nes se recurre simplemente a la opinión subjetiva que el propio encuestado tiene sobre su estado de salud. Cuando el indicador ha de reflejar el estado de la colectividad a nivel agregado las expresiones más utilizadas suelen ser las de las tasas de mortalidad y morbilidad.

En otro orden de cosas, los modelos MIMIC presentan una ecuación de causas que genera la variación de los valores de la variable no observable a través de los individuos (o de los colectivos). Estos factores pueden responder a la existencia de características individuales (edad, sexo, empleo, nivel cultural y de instrucción, antecedentes de enfermedades hereditarias. . .), familiares (tamaño del núcleo familiar, condiciones de vivienda, número de ingresos familiares distintos. . .) o de otro tipo (renta personal, actividad económica, entorno social, medio ambiental, educación sanitaria, sistema de información sanitaria. . .).

En tercer lugar, la determinación de la demanda de asistencia sanitaria, y médica en particular, se realiza en función de algunas de las causas mencionadas (renta, educación. . .) y de otras variables explicativas como, por ejemplo, las condiciones de disponibilidad de asistencia médica o de prevención y que se concretan en las facilidades y composición de la oferta en el sistema de precios, gastos en mutualidades de asistencia complementaria a la obligatoria. . . En relación al concepto de demanda de asistencia nos referimos a una magnitud que tiene una dimensión plural. En efecto, la modelización abordará, aislada o simultáneamente, el estudio del comportamiento de la demanda de servicios expresada en forma del número de visitas, de consultas de distinta naturaleza y especialidad.

## 6. CONSIDERACIONES FINALES

Para terminar efectuaremos algunas consideraciones finales de carácter general con la intención de delimitar el marco de la especificación de un modelo para analizar las ecuaciones de demanda para la salud y la demanda de asistencia sanitaria.

— Se especifica diferenciadamente las ecuaciones de demanda de asistencia y de salud pero en todo caso intervienen tres tipos de variables, tal como pone de relieve Anderson y otros (1975). En efecto, se distinguen factores de “necesidad”, factores de “capacitación” y factores de “predisposición” para la formación de la demanda. Habitualmente son éstas variables las que se relacionan más estrechamente con el factor latente no observable: salud. Los factores que van a predisponer la existencia de una demanda concreta no constituyen por sí mismos elementos determinantes sino que coadyuvan a la expresión final de dicha

mentos determinantes sino que coadyuvan a la expresión final de dicha demanda.

— La ecuación de causas en el modelo MIMIC puede interpretarse como ecuación de demanda o función de producción a nivel individual o agregado. Si el ámbito del análisis es el primero, entonces variables tales como la oferta (o facilidades para llegar a ella) son exógenas en el modelo. La discusión entorno a la conveniencia de una u otra interpretación puede cerrarse, provisionalmente, diciendo que en realidad es una mezcla de ambas, puesto que hay factores que influyen sobre la demanda y, también, sobre la producción.

— La consideración conjunta de varias formas de demanda de asistencia conduce al hecho de la existencia de una cierta secuencia en el “consumo”: es un supuesto a contrastar.

— Especificar algunas variables en la ecuación de causas y (las mismas) en la ecuación de demanda de asistencia supone que debe prestarse una especial atención a la interpretación del significado de los parámetros estimados. Hay una mezcla de efectos directos e indirectos que merecen una cuidada interpretación.

— Incorporando información acerca de los costes de la alteración del actual sistema sanitario así como de los efectos producidos sobre el factor latente estudiado, es posible realizar un análisis del tipo coste-efectividad. En el caso de que se dispusiese de información complementaria sobre los beneficios derivados de la mejor utilización de los recursos, entonces puede también aplicarse un análisis coste-beneficio.

Por lo que respecta a la identificabilidad de los parámetros en el modelo MIMIC —y análogamente en otros modelos simultáneos— la presencia en el modelo de un considerable número de ecuaciones, variables y parámetros conduce a la exigencia que los parámetros de la forma estructural puedan deducirse a partir de los de la forma reducida. Para ello se incorporan restricciones lineales en los parámetros (restricciones de exclusión, normalmente) así como restricciones en los valores de la matriz de varianzas y covarianzas de las perturbaciones.

Para la estimación de los parámetros en los modelos MIMIC se utiliza el método de estimación de máxima verosimilitud tal como indican Joreskog y Goldberger (1975). Surgen problemas adicionales como consecuencia de la introducción de variables de tipo discreto en los indicadores de la variable no observable.

Las aplicaciones derivadas de la especificación y estimación de mo-

delos para las ecuaciones de demanda de salud y de asistencia sanitaria son de distinta índole. La deducción de un índice de salud permite la comparación de los niveles del estado de salud de los individuos o de áreas geográficas. Este resultado proporciona información para la orientación de la mejora en la asignación de los recursos, para la valoración de los rendimientos —finales e intermedios—. En otro orden de cosas el modelo puede diseñarse para la contrastación de la compatibilidad entre diversos indicadores, para analizar la estructura de los mecanismos en la formación de la demanda o para la medición de los efectos que se derivan del control de alguna de las variables exógenas en el mismo.

Los modelos que aquí hemos expuesto así como la línea de investigación esbozada no pueden ser ajenas a las limitaciones intrínsecas derivadas de los supuestos incorporados en el proceso de especificación de un modelo. Esto implica que la interpretación de los resultados en modelos aplicados debe realizarse de manera cuidadosa y con las reservas que imponen aquellos supuestos iniciales. De cualquier modo empezar con modelos restringidos no es sino un enfoque metodológico que se completa con otras especificaciones más detalladas lo que, por otra parte, inspira la investigación en el futuro. A modo de conclusión final reseñaremos aquellos aspectos que los modelos para el análisis de los mecanismos de comportamiento de la demanda de asistencia y de salud deberán incorporar con objeto de lograr una mayor aproximación a la realidad.

Por un lado, es preciso contar con indicadores más ajustados a los valores de las variables latentes. En el caso de la variable salud debe apoyarse cualquier intento que conduzca a la exploración de la naturaleza de las relaciones entre los indicadores propuestos (sean de tipo individual o agregado) y el factor no observable. Las experiencias en otros países son indicativas pero para la realidad española sería recomendable un análisis exploratorio lo más riguroso y completo posible. En este sentido entendemos también la discusión acerca de la oportunidad de incluir indicadores discretos o continuos.

En segundo lugar, un modelo completo deberá incluir relaciones simultáneas entre los factores determinantes de la demanda y la variable salud. En concreto la especificación deberá alcanzar los efectos de interdependencia entre el estado de salud, el nivel, estilo o calidad de vida y magnitudes económicas como la renta, el desempleo y de otro tipo como el nivel educacional o cultural, por ejemplo.

En tercer lugar, el modelo debe contemplar la posibilidad de considerar la existencia de relaciones dinámicas entre las variables. Este aspecto nos lleva a una dimensión más compleja en a propia modelización —definición de la estructura de retardos en las variables y en las perturbaciones—, así como en la identificación y en la estimación de los

parámetros. Son de sobras conocidas las objeciones a los resultados empíricos obtenidos a partir de relaciones dinámicas con estructuras especificadas de forma rígida y siguiendo direcciones causales en un solo sentido, en donde las variables que se incluyen en el modelo son algún indicador de salud para colectivos (índices de mortalidad o morbilidad) y, como explicativas, el valor presente y los retardados de ciertas variables económicas —o de otro tipo— tales como el desempleo, el nivel educacional, etc.

Valoración de los indicadores, simultaneidad y especificación adecuada de la dinamicidad son tres elementos importantes para alcanzar estimaciones más precisas en la medida que ignorar tales circunstancias supone asumir la existencia de errores de especificación que implican, a su vez, algún tipo de sesgo en la estimación de los parámetros. En este sentido, la consideración conjunta de todos los elementos mencionados nos lleva a modelos complejos por lo que parece recomendable avanzar de forma progresiva incorporando paulatinamente dichos factores lo que supondrá, en el interín, una cierta reserva en cuanto a la interpretación del significado de los resultados.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMEMIYA, T.: "The Estimation of Simultaneous Equation Generalized Probit Model", *Econometrica*, 46. 1978. (1193–1205).
- ANDERSEN, R., J. KRAVITS y O.W. ANDERSON, "Equity in Health Services: Empirical Analyses in Social Policy", Ballinger. 1975.
- AIGNER, D.J. y A.S. GOLDBERGER, "Latent Variables in Socio-Economic Models", North-Holland. 1977.
- GOLDBERGER, A.S.: "Structural Equation Models in the Social Sciences", *Econometrica*, 40. 1972. (979–1002); reproducido en Aigner y Goldberger, op. cit.
- GROSSMAN, M.: "The Demand for Health: A Theoretical and Empirical Investigation", Columbia Univ. Press. 1972.
- HECKMAN, J.: "Dummy Endogenous Variable in a Simultaneous Equation System", *Econometrica*, 46. 1978. (931–939).
- HOOIJMANS, E.M. y W.P.M.M. VAN DE VEN, "Implementing a Health Status Index in a Structural Health Care Model", en J. Van der Gaag, W.B. Neenan y T. Tsukahara, Jr. eds. "Economics of Health Care". Praeger. 1982.
- JÖRESKOG, K.G. y A.S. GOLDBERGER, "Estimation of a Model with Multiple Indicators and Multiple Causes of a Single Latent Variable", *Journal of the American Statistical Association*, 70. 1975. (631–639).
- KNAPP, M., "Eficiencia Económica en la Provisión de Servicios Sociales: El Para-

- digma del Bienestar Social”, Ponencia presentada en las Primeras Jornadas de Economía de los Servicios Sociales, es traducción del Discussion paper núm. 237, PSSRU, Canterbury. 1982.
- LEE, L.F., “Health and Wage: A Simultaneous Equation Model with Multiple Discrete Indicators”, Discussion Paper núm. 79-197, Univ. Minnesota 1979; en *International Economic Review*, 23. 1982. (199-221).
- LEU, R.E. et al., “A Method for Evaluating New Drug Therapies in Terms of Improved Life Quality”, Discussion Paper núm. 68, Univ. Basel. 1982.
- MURILLO, C.: “Errores en las variables: Ecuaciones de Indicadores y Causas”. Publicaciones Fac. CC.EE. Universidad Barcelona. 1982.
- ROBINSON, P.M.: “Identification, Estimation and Large Sample Theory for Regressions containing Unobservable Variables”, *International Economic Review*, 15.1974. (680-692); reproducido en Aigner y Goldberger, op. cit.
- ROBINSON, P.M. y M.C. FERRARA, “The Estimation of a Model for an Unobservable Variable with Endogenous Causes”, en Aigner y Golberger, op. cit. 1977. (131-141).
- VAN DE VEN, W.P. y J. VAN DE GAAG, “Health as an Unobservable: A MIMIC Model of Demand for Health Care”, Discussion Paper núm. 79-544. Univ., Wisconsin. 1979; en *Journal of Health Economics*. 1, 1982. (157-183).
- VAN DER GAAG, J. y B. WOLFE: “Estimating Demand for Medical Care: Health as a Critical Factor for Adults and Children”, Discussion Paper, Univ. Wisconsin. 1982.
- WOLFE, B. y J. VAN DER GAAG, “A New Health Status Index for Children” en J. Van der Gaag y M. Perlman, eds. “*Health, Economics and Health-economics*”, North-Holland. 1981.
- ZELLNER, A.: “Estimation of Regression Relationships Containing Unobservable Independent Variables”, *International Economic Review*, 11. 1970. (441-454), en Aigner y Goldberger, op. cit.